



«*De STEM nos gusta todo menos STEM*». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda

«*Of STEM we like everything but STEM*». A critical analysis of a buzzing educational trend

Radu Bogdan Toma

Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos, España.
rbtoma@ubu.es

Antonio García-Carmona

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla, España.
garcia-carmona@us.es

RESUMEN • En este artículo se presenta un análisis crítico sobre los desafíos y limitaciones de propuestas e investigaciones didácticas enmarcadas en el movimiento STEM. Se argumenta que la mayoría de las propuestas didácticas catalogadas como STEM son educativamente deficitarias, además de poco novedosas respecto de planteamientos anteriores para la enseñanza de las ciencias, la tecnología y las matemáticas. Se cuestiona también la viabilidad de un enfoque STEM en el contexto educativo español, y se discute sobre el uso abusivo del término, empleado a menudo como eslogan para atraer financiación, o hacer propaganda de iniciativas y materiales educativos añosos, rebautizados ahora como STEM. Se finaliza con una reflexión sobre la necesidad de un proceso de validación didáctica riguroso que oriente sobre las posibilidades y limitaciones de una enseñanza STEM.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento del contenido; Conocimiento didáctico del contenido; Disciplinas STEM; Educación STEM; Integración curricular.

ABSTRACT • This article presents a critical analysis of the challenges and limitations of didactic approaches and educational research developed within the STEM movement. It is argued that most practices and studies labeled as STEM are of deficient educational quality and are scarcely new compared to existing science, technology and mathematics education approaches. The viability of STEM for the Spanish education system is likewise questioned, and the overuse of the acronym, often coined as a slogan to raise funding or to advertise long-established educational initiatives and materials rebranded as STEM, is discussed. Finally, the need for a rigorous didactic validation process to guide the potentials and limitations of STEM education is considered.

KEYWORDS: Content knowledge; Curriculum integration; Pedagogical content knowledge; STEM disciplines; STEM education

Recepción: septiembre 2019 • Aceptación: noviembre 2019 • Publicación: marzo 2021

INTRODUCCIÓN

¿Nos imaginamos a profesionales de la ingeniería construyendo artefactos para su venta al público con materiales que, si bien presentan una calidad potencial, todavía no han pasado todos los controles científico-técnicos para garantizar su uso? Seguramente no. Pues en el ámbito de la educación científico-tecnológica surgen, con cierta frecuencia, nuevos planteamientos que se promocionan sin ningún tipo de reservas, aunque su conceptualización no haya sido suficientemente desarrollada ni consensuada. Y, lo que es aún más crítico: sin contar con pruebas suficientes de su eficacia didáctica en el aula. Esto es, a nuestro entender, lo que está sucediendo con el vigorosamente promovido movimiento STEM (acrónimo inglés derivado de Science, Technology, Engineering, and Mathematics).

En los últimos años, el término STEM ha irrumpido con fuerza en el panorama internacional de la educación científico-tecnológica, y está monopolizando buena parte de la investigación en didáctica de las ciencias. De hecho, la atención a STEM ha proliferado tanto que parece una *conditio sine qua non* hacer alguna referencia al término en propuestas didácticas innovadoras. Sin embargo, consideramos que la agenda educativa en torno a STEM está plagada de ambigüedades y limitaciones, que parecen pasar desapercibidas para una buena parte de la comunidad de educadores y formadores de profesorado de las áreas implicadas. La finalidad de este artículo es hacer un análisis crítico de todo ello. Comenzaremos situando el término en su contexto histórico a fin de determinar qué es STEM, qué novedades presenta respecto a lo que ya existía en la bibliografía de didáctica de las ciencias, y en qué medida los planteamientos didácticos STEM son viables en las aulas de nuestro contexto educativo. Para ello, se señalarán limitaciones pedagógicas detectadas en propuestas actuales bajo el paraguas de STEM, así como el uso abusivo y confuso del término en la bibliografía reciente. Finalmente, haremos una reflexión crítica global en torno a la cuestión analizada.

DE SME&T A ST[®]E(A)M(S): STEM Y SUS DERIVACIONES

El acrónimo STEM fue propuesto originariamente en Estados Unidos, durante la década de 1990, como parte de una estrategia política dirigida a dar una mayor relevancia a las disciplinas a las que hace referencia (STEM Task Report, 2014). Aunque desconocemos el origen exacto de este acrónimo, parece que fue la National Science Foundation estadounidense la que acuñó el término; primero como «SME&T»¹, pero renombrado luego como «STEM» por razones de estilismo lingüístico (Sanders, 2009). Desde entonces, bajo este acrónimo se empezaron a desarrollar políticas educativas en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, convirtiéndose así en un reclamo para mejorar la competitividad económica estadounidense y fomentar la profesión en tales campos (Breiner, Harkness, Johnson y Koehler, 2012).

No obstante, desde su aparición, el término STEM ha sido fuente de mucha ambigüedad, principalmente por una deficiente conceptualización y difícil operatividad educativa. Aun así, su presencia ha aumentado de manera notoria, con interpretaciones muy diversas, que comprometen el valor educativo que se le presupone. En la bibliografía, STEM se presenta principalmente con tres acepciones distintas: (i) como eslogan político, es decir, STEM como bandera para demandar una mayor atención administrativa o gubernamental a las disciplinas que componen el acrónimo; (ii) como acrónimo para hacer referencia a colectivos o aspectos relacionados con las ciencias, matemáticas, tecnología e ingeniería; y más recientemente (iii) como movimiento pedagógico o metadisciplina orientada a integrar las especialidades constituyentes de STEM (Zollman, 2012), en analogía con el trabajo y la organización de los profesionales de estas. Esta última conceptualización se suele denominar *integrated STEM*

1. El término SME&T aparece en la ponencia «Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform», que George E. DeBoer pronunció, en 1997, en el Symposium de la National Academy of Sciences. Obtenido de <http://www.nas.edu/sputnik/papers.htm>

(STEM integrado) y se caracteriza por concebir las cuatro disciplinas como una entidad cohesiva (Bybee, 2013; Kelley y Knowles, 2016).

Sin embargo, a la conceptualización de STEM como integración curricular de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, se han sumado recientemente otras muchas iniciativas bajo acrónimos tan dispares como:

- STEAM, que hace referencia a STEM + Artes (Kim y Chae, 2016);
- iSTEM, que incluye «imaginación» + STEM (Tsai, Chung y Lou, 2018);
- STREAM, empleado para describir propuestas que integran STEAM + Robotica (Stubbs y Yanco, 2009); o
- ST®E(A)M(S), que hace alusión a la amalgama más amplia de materias en un mismo contexto: ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas, arte, educación para la sostenibilidad, e integración curricular (Krug y Shaw, 2016).

Esta breve revisión del origen y desarrollo semántico del término STEM, refleja, a nuestro parecer, la primera deficiencia crítica del movimiento asociado a este: la ausencia de una conceptualización inequívoca para entender qué es STEM y cuál es realmente su aportación a la educación científico-tecnológica, más allá de la mera agrupación de contenidos procedentes de diferentes dominios bajo un acrónimo llamativo. Este hecho dificulta su integración y tratamiento adecuados en los planes de estudio, así como en las prácticas de enseñanza de las materias que incluye. Más aun ante la escasez de estudios empíricos y de marcos teóricos que guíen el diseño y la implementación apropiada de programas educativos STEM (Honey, Pearson y Schweingruber, 2014).

Así, en cuanto a la primera acepción (como eslogan político), algunas voces críticas tildan STEM como un movimiento que reduce la educación científico-tecnológica a meros objetivos neoliberales para la producción de capital humano que sustenten las economías mundiales actuales (Carter, 2017). O, como señalan Weinstein, Blades y Gleason (2016), STEM es el uso de la educación científico-tecnológica para mantener la hegemonía capitalista de algunos países.

Respecto a la segunda acepción (como término para hacer referencia a un colectivo o conjunto de materias), parece reducirse la idiosincrasia y definición de las cuatro disciplinas a un mínimo común denominador posible, esto es: las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas como ámbitos de conocimiento críticos para el desarrollo social y económico de los países, denostando así a las ciencias sociales y humanidades. Y con relación a la tercera acepción, referida a STEM como integración curricular, el principal problema es su operatividad educativa (*e. g.*, ¿cuántas disciplinas se han de integrar para considerarse STEM, y en qué medida pueden integrarse?).

Debido a esta plétora de conceptualizaciones de STEM, algunos autores apuntan que como enfoque educativo simplemente no existe. Akerson et al. (2018) apelan a la falta de una fundamentación epistemológica que permita caracterizar al término STEM como un todo,² y consideran que este solo constituye una moda que nació de un movimiento político. En esta misma línea, Domènech-Casal sostiene que:

[...] la causa de que sea tan difícil dotar de significado pedagógico el término STEM es que en realidad no lo tiene: STEM es un término que representa un objetivo político, no un enfoque pedagógico o didáctico, aunque pueda promoverse desde enfoques pedagógicos o didácticos (2018, p. 31).

En una perspectiva similar, Milner-Bolotin (2018) piensa que STEM es un enfoque didáctico solo en apariencia, puesto que no ha sido teorizado ni investigado con el rigor necesario. No obstante, en

2. Akerson et al. (2018) argumentan que solo se dispone de un conocimiento razonable de la naturaleza de cada una de las disciplinas que componen STEM. Asimismo, reconocen no haber podido determinar cuál sería la naturaleza de la amalgama denominada STEM, más allá de la idea genérica de que surge de una *integración*.

la bibliografía se encuentran algunos intentos de conceptualizar la perspectiva de STEM como movimiento pedagógico, tratando de hacer una transposición didáctica de lo que hacen los profesionales de STEM (Dare, Ellis y Roehrig, 2018). Así, para Kelley y Knowles (2016), STEM es un «[...] enfoque para enseñar el contenido de dos o más dominios de STEM, vinculados por prácticas STEM en un contexto auténtico, con el propósito de conectar estas materias para mejorar el aprendizaje del estudiante» (p. 3, traducción propia). De manera similar, Moore et al. (2014) y Sanders (2009) se refieren a la educación STEM como un esfuerzo por combinar al menos dos áreas del acrónimo, a fin de establecer conexiones mediante un enfoque basado en resolución de problemas contextualizados. Pero, si el requisito básico para que un planteamiento sea concebido como STEM es la integración de solo dos áreas, ¿no es, entonces, un acrónimo demasiado pretencioso para lo que luego pueda llegar a traducirse de él en el aula? Esta sería la segunda limitación que encontramos de este movimiento educativo. No obstante, dado que este es el enfoque que más se promueve en la actualidad, en los apartados posteriores nos centraremos en STEM como un enfoque pedagógico que pretende la enseñanza integrada de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

¿ES STEM UN ENFOQUE EDUCATIVO ORIGINAL?

Si concebimos STEM como un término que representa una integración curricular de diferentes áreas o asignaturas escolares, realmente no supone una novedosa aportación para la didáctica de las ciencias. Esta noción se remonta al *Eight-Year-Study*, desarrollado en la década de 1930 con el propósito de reconstruir el currículo de Educación Secundaria mediante enfoques transversales, que establecían conexiones entre las asignaturas de manera interdisciplinar (Aikin, 1942). Asimismo, durante los años 1970 emergió un movimiento educativo conocido como *ciencia integrada* (Haggis y Adey, 1979), que proponía una enseñanza de las ciencias holística. Esto es, una enseñanza de las ciencias bajo la premisa de la unidad de todo el conocimiento científico, a partir de las aportaciones derivadas de las distintas ciencias experimentales (física, química, biología, geología, etc.), incluyendo las matemáticas, y que igualmente seleccionaba aquellos procesos/métodos científicos comunes en la construcción de todas ellas (Guerra, 1984). Este planteamiento curricular tuvo un apoyo político importante en algunos países como Estados Unidos (Czerniak, Weber, Sandmann y Ahern, 1999), de donde suelen partir la mayoría de las iniciativas novedosas en educación. Sin embargo, no terminó de fraguar. En España, este enfoque derivó, además, en un debate sobre la conveniencia o no de organizar el currículo de ciencias en un «área» en vez de en «disciplinas» (Gil, 1994). A la vista de las propuestas curriculares oficiales de los últimos años, el debate parece haberse resuelto a favor de lo primero para los niveles educativos básicos. Si bien algunos estudios han cuestionado que el currículo de ciencias organizado en un área tenga una eficacia educativa mayor que el estructurado en disciplinas (e. g., Zhang y He, 2012).

Asimismo, cabría mencionar el movimiento educativo *ciencia-tecnología-sociedad* (CTS, o STS en inglés), que también surgió durante la década de 1970 (Aikenhead, 2005), aunque no fue hasta principios de los años 1990 cuando tuvo alguna incursión en el contexto didáctico español (e. g., Acevedo-Díaz, 1994). En pocas palabras, este enfoque promueve la alfabetización científico-tecnológica a partir de una enseñanza integrada de la ciencia y la tecnología, en clara conexión con el contexto sociopolítico, económico y cultural de cada momento histórico. Además, en el movimiento CTS, la ingeniería está integrada en la dimensión tecnológica³ (Acevedo-Díaz, 1995).

3. Tradicionalmente, se hablaba solo de *tecnología* en el ámbito científico-tecnológico, con la *ingeniería* como parte integrante de esta. Apenas muy recientemente, a raíz de las recomendaciones de los estándares estadounidenses para la enseñanza de las ciencias (NGSS Lead States, 2013), algunos autores han hecho un esfuerzo por determinar los rasgos característicos de la ingeniería para su integración en el currículo escolar (e. g., Pleasants y Olson, 2019).

Las diferentes formas de integrar educacionalmente las disciplinas STEM tampoco son genuinas de este movimiento. Haggis y Adey (1979) ya propusieron hace cuatro décadas diferentes formas de integración curricular mediante enfoques coordinados, combinados o amalgamados, en función del grado de combinación entre las materias. Asimismo, Fogarty (1991) planteaba hasta diez maneras de integrar el currículo dentro de disciplinas individuales (*e. g.*, integración fragmentada, conectada y anidada), de varias disciplinas (*e. g.*, integración secuenciada, compartida, interconectada, enhebrada e integrada), así como dentro de y entre grupos de estudiantes (*e. g.*, integración inmersa y conectada en red).

Una de las estrategias con más impulso, en la actualidad, para los planteamientos didácticos enmarcados en STEM, es el *aprendizaje basado en proyectos* (Domènech-Casal, 2018). Capraro y Slough lo justifican afirmando que:

El aprendizaje basado en proyectos [...] proporciona las experiencias contextualizadas y auténticas necesarias para que los estudiantes amplíen el aprendizaje y construyan significativamente conceptos esenciales de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, apoyados por las artes del lenguaje, los estudios sociales y el arte. (2013, p. 2; traducción propia).

Sin embargo, el aprendizaje basado en proyectos tiene una larga historia en educación, y ha sido promovido antes con otros movimientos educativos que demandaban algún tipo de integración curricular, tales como el enfoque CTS, ciencia en contexto, educación ambiental, o el aprendizaje basado en problemas, entre otros (Sanmartí y Márquez, 2017). Asimismo, su eficacia o validez educativa no ha sido probada suficientemente (Thomas, 2000), aparte de aspectos generales como acrecentar en los estudiantes la motivación, creatividad, autonomía, o la capacidad para la cooperación (Sanmartí y Márquez, 2017). Condliffe (2017) señala como debilidades reseñables del aprendizaje basado en proyectos la existencia de conceptualizaciones muy diversas de este, la dificultad para su implementación en el aula, la falta de referentes validados empíricamente en contextos educativos diversos, así como la falta de validez y confiabilidad de los instrumentos de evaluación empleados para evaluar su eficacia. Todo ello invita a acoger con escepticismo el enfoque basado en proyectos para un STEM integrado, que demanda un planteamiento que armonice una convergencia apropiada y sinérgica de cuatro disciplinas. Algo similar podría decirse con relación a otros enfoques como el aprendizaje basado en problemas o en la indagación.

En definitiva, las concepciones que definen STEM como un enfoque caracterizado por la integración curricular ponen de manifiesto que carece de novedad teórica y pedagógica. Asimismo, dichos enfoques han sido propuestos y probados, durante décadas, sin mucho éxito educativo; lo cual constituye para nosotros la tercera limitación crítica del movimiento STEM. Sanders (2009) señala, al respecto, que las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas han establecido y defendido cada una su singularidad e idiosincrasia durante más de un siglo. Por tanto, hará falta algo más que un mero acrónimo (y un enfoque pedagógico, añadimos nosotros) para juntar y disolver las disciplinas STEM, hasta el punto en que las partes de cada una sean indistinguibles (esencia del enfoque STEM integrado); y, sobre todo, que provea un resultado educativo sinérgico.

Además, esta conceptualización de STEM, orientada por la integración curricular de diferentes materias, no resuelve la falta de consenso sobre lo que constituye STEM. De hecho, la confusión aumenta a medida que las perspectivas sobre la integración de los planes de estudio catalogados como STEM van ganando impulso. Estos varían desde la integración disciplinar hasta la transdisciplinariedad (Bybee, 2013); lo cual revela que «[...] no parece existir una definición común de integración que pueda ser utilizada como base para diseñar, llevar a cabo e interpretar los resultados de la investigación» (Czerniak et al., 1999, p. 422; traducción propia). Además, la existencia de los múltiples acrónimos derivados de STEM plantea no solo el interrogante de *cómo* integrar las áreas de conocimiento mencionadas en las siglas que conforman cada acrónimo, sino también con *qué* áreas se han de integrar, *por qué* motivos, y *cuál* es la significatividad de su integración.

¿QUÉ EFICACIA MUESTRA UN ENFOQUE STEM INTEGRADO?

Otra limitación relacionada con el hecho de conceptualizar STEM como la integración curricular de cuatro disciplinas, es la falta de soporte empírico sobre la eficacia didáctica de este enfoque educativo. En un informe para el National Research Council, Honey et al. (2014) concluían:

A pesar del creciente interés en proporcionar a los estudiantes experiencias de aprendizaje que fomenten la conexión entre las disciplinas STEM, hay poca investigación sobre la mejor manera de hacerlo o sobre qué factores hacen que la integración sea más probable que aumente el aprendizaje, el interés, la retención, el rendimiento o el aprendizaje de los estudiantes (p. 2, traducción propia).

Aunque han existido muchos intentos de integración curricular, los resultados sobre su éxito educativo son, en el mejor de los casos, equívocos. En España, algunos estudios piloto sobre el enfoque STEM, con énfasis en la programación computacional (*e. g.*, Toma, Lederman, Jimenez y Meneses-Villagrà, 2019), revelan beneficios a nivel actitudinal y motivacional; pero también señalan dificultades en la adquisición de procedimientos científicos y en la comprensión de la propia programación computacional.

A nivel internacional, Czerniak et al. (1999) concluyeron que la poca bibliografía sobre la integración de las ciencias y las matemáticas es meramente anecdótica y que los resultados que puedan ser generalizables son escasos por falta de operatividad de este enfoque en la práctica. Cerca de dos décadas después, la situación no parece haber mejorado mucho al respecto (Kanderakis, 2016). Pero sobre todo, lo reseñable es que en gran parte de la bibliografía sobre enfoques interdisciplinares se aborda la integración de solo dos de las cuatro disciplinas que conforman STEM.

Asimismo, las supuestas bondades atribuidas a la integración curricular como, por ejemplo, que presenta más oportunidades para resolver problemas reales o que promueve un aprendizaje de mayor alcance, carecen de evidencia empírica (George, 1996). En un estudio reciente, Martín-Paez, Aguilera, Perales-Palacios y Vílchez-González (2019) han encontrado que algunas propuestas educativas STEM parecen reportar beneficios cognitivos, procedimentales y actitudinales. Sin embargo, detectan también que los marcos teóricos empleados en muchos estudios sobre este son inconsistentes o inexistentes, y que la conexión entre las disciplinas no es suficientemente explícita y detallada como para determinar si realmente hubo una integración STEM. Así las cosas, Zeidler (2016) argumenta que el enfoque educativo STEM está «[...] destinado a producir otra generación de ciudadanos no involucrados, no comprometidos y desinformados» (p. 23, traducción propia).

¿EN QUÉ MEDIDA ES VIABLE UN ENFOQUE STEM INTEGRADO?

La idea de enseñar y aprender las materias STEM de manera integrada resulta atractiva y, hasta cierto punto, razonable. ¿Acaso los problemas a los que nos enfrentamos en nuestro día a día no presentan un perfil complejo, donde confluyen multitud de aspectos y perspectivas, que requieren análisis inter- y multidisciplinares? En el contexto español, Toma y Greca (2018) concluyeron que, si bien un enfoque integrado⁴ reporta mayores beneficios actitudinales, en comparación con una enseñanza tradicional, los docentes que participaron en la intervención se mostraron reticentes a repetir esta experiencia por razones logísticas y de formación; algo también advertido en la bibliografía internacional (Gardner y Tillotson, 2019). Por tanto, se ponen de relieve factores que generan escepticismo sobre la viabilidad de un enfoque educativo de estas características.

En primer lugar, este enfoque es totalmente opuesto al modelo educativo que impera desde la Revolución Industrial. Los sistemas educativos de la mayoría de países desarrollados no cuentan con

4. Cabe mencionar que la integración se centró, sobre todo, en las ciencias y las matemáticas.

la estructura educativa ni con la organización curricular necesaria para implementar un verdadero enfoque pedagógico interdisciplinario o integrado, que aflore de manera sinérgica a partir de las áreas STEM. ¿En qué asignaturas se realizaría el proyecto o el episodio educativo? Se entiende que en todas aquellas que están incluidas en el proyecto. Pero ¿de qué forma harían frente los docentes a la planificación necesaria para un proyecto de tales características? ¿Cómo se organizaría logística y, sobre todo, pedagógicamente la implementación de este enfoque?

En segundo lugar, un enfoque integrado puede parecer sumamente pertinente y viable en Educación Primaria, ya que el desarrollo de distintas áreas curriculares en un grupo-clase suele recaer en un mismo profesor o profesora. Asimismo, podría pensarse que ello es fácilmente escalable a la Educación Secundaria mediante la creación de grupos de trabajos interdisciplinares. Sin embargo, nos mostramos también escépticos ante ambos escenarios a la vista de los planes habituales de formación inicial del profesorado de ambas etapas educativas (Montero y García-Carmona, 2018). En el caso de primaria, los estudiantes de profesorado acceden a su formación inicial con niveles de competencia científico-tecnológica generalmente bajos. En cambio, el profesorado de secundaria es especialista en materias específicas como física y química, biología y geología, tecnología o matemáticas, que posteriormente recibe una breve formación pedagógica inicial en la que rara vez se contempla la integración curricular de distintas disciplinas, al estar aquella parcelada en especialidades. Por tanto, nos encontramos ante una situación de difícil solución, de cara a una proyección curricular adecuada del enfoque STEM. Por un lado, la integración de las materias académicas no casa con la especialización imperante entre el profesorado de secundaria. Y, por otro, aunque el enfoque STEM integrado requiere de un conocimiento generalista (u holístico), al mismo tiempo demanda un buen dominio de las diferentes materias, tanto a nivel conceptual, procedimental y epistemológico, como para que la integración no sea meramente anecdótica.

Ante ello, nos surgen numerosos interrogantes. ¿En qué momento de su formación reciben, entonces, los docentes de primaria y secundaria instrucción sobre cómo diseñar e implementar enfoques STEM integrados? Y lo que nos parece más importante: ¿poseen los docentes de estas etapas educativas el conocimiento del contenido (CC) y el conocimiento didáctico del contenido (CDC) deseables para implementar efectivamente una educación STEM integrada? ¿Qué creencias tienen sobre STEM, si es que las tienen, y sobre las finalidades educativas de un modelo de enseñanza basado en STEM? ¿Qué conocimiento de estrategias de instrucción tienen para usar tal modelo? ¿Disponen de materiales educativos adecuados para ello? ¿Qué conocimiento tienen de la evaluación del aprendizaje (dimensiones evaluables y métodos de aprendizaje) en un marco STEM auténtico? ¿Cuál sería la satisfacción y la autoconfianza del docente si enseñara STEM?

La falta de conceptualizaciones bien definidas y consensuadas, así como de métodos pedagógicos apropiados para una enseñanza integrada, hacen que el profesorado conciba el enfoque STEM de una forma ambigua y poco desarrollada (Ring, Dare, Crotty y Roehrig, 2017). Por tanto, la mejora en CC y CDC para una enseñanza STEM es compleja y difícil de proyectar en el aula (Gardner, Glassmeyer y Worthy, 2019). Como señala Marder (2013): «Nosotros –los científicos, matemáticos e ingenieros a quienes se les pedirá que ayuden a implementar los nuevos estándares– no siempre poseemos el conjunto completo de habilidades que la educación STEM les pedirá a nuestros estudiantes» (p. 150, traducción propia).

Asimismo, una concepción ideal de STEM debería integrar la ingeniería, pero ¿en qué momento se forman sobre ingeniería, o practican sobre su integración, los docentes que no provienen de este campo? Por ejemplo, un graduado en matemáticas o en biología, cuya principal formación inicial es de CC en una de estas disciplinas, y que ejerce la profesión docente en secundaria, ¿tiene la formación inicial necesaria sobre ingeniería (tanto de CC como de CDC) para hacer trasposiciones didácticas que favorezcan la integración de esta con su especialidad de referencia? Desde una perspectiva lógica, consideramos que integrar la ingeniería en una clase de ciencias o matemáticas resulta difícil, habida

cuenta que son muy pocos los profesores de ciencias y matemáticas que han cursado asignaturas formales de ingeniería. Con respecto a la tecnología, su integración en los planes de estudio ya había sido promovida hace años (*e. g.*, AAAS, 1993), si bien con poco éxito. La razón principal es que la tecnología, en lugar de ser considerada como un campo de estudio, se ha reducido en muchos casos a una mera herramienta al servicio de la enseñanza de las ciencias (Hennessy, Ruthven y Brindley, 2005).

Estas cuestiones se acentúan aún más en el caso del profesorado de primaria, cuyo CC en ciencias y matemáticas es bastante limitado; máxime, con relación a la ingeniería. En España, el profesorado de primaria recibe una formación generalista en ciencias y matemáticas, que no suele ser suficiente para que puedan impartir estas asignaturas con seguridad y confianza (García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016). Aunque este problema no es exclusivo de nuestro contexto. En un estudio muy reciente sobre la implementación de un programa STEM integrado en un centro escolar estadounidense, Garner y Tillotson (2019) han verificado las grandes dificultades de los docentes para conectar el enfoque STEM con las demandas curriculares. Asimismo, han comprobado que estos docentes no cuentan con una articulación ni fundamentación claras para su puesta en práctica, a la vista de sus planteamientos, que se asemejaban más a enfoques educativos multidisciplinares que integradores.

Por otro lado, los formadores de futuros docentes no suelen ser expertos en el diseño curricular basado en un marco integrado. Por tanto, conviene reflexionar sobre si los formadores de profesorado poseen la preparación necesaria para formar a futuros docentes de primaria y secundaria en STEM integrado. ¿Están preparados los didactas de las matemáticas o de las ciencias experimentales para formar, por ejemplo, en ingeniería al profesorado en formación? En general, podríamos plantear para este colectivo las mismas preguntas relativas al CDC, que hemos planteado con respecto al profesorado de primaria y secundaria en ejercicio. Ante todas estas dudas, parece que un enfoque STEM integrado agrava considerablemente el problema en la formación del profesorado, en vez de paliarlo.

El último aspecto clave que cuestiona la viabilidad de un modelo didáctico de STEM integrado está relacionado con la propia naturaleza de las disciplinas que se aglutinan en el acrónimo. ¿Es realista demandar que un docente de primaria o secundaria posea un conocimiento informado sobre la naturaleza de cada una de las disciplinas y que, además, sea capaz de diseñar propuestas en las que estos aspectos puedan ser abordados integradamente en el contexto de un problema de interés para el alumnado? Si en nuestro contexto no hemos logrado aún que el profesorado, en general, tenga una comprensión básica de la naturaleza de la ciencia (Acevedo y García-Carmona, 2016), qué de dificultades no surgirán en la comprensión de la «naturaleza del constructo STEM» como amalgama de diferentes naturalezas epistemológicas.

SOBRE EL USO ABUSIVO DEL TÉRMINO STEM (Y SUS DERIVADOS)

Una tendencia reciente en la investigación sobre educación científica es incorporar el término STEM como si se tratase de un elemento clave en un programa de alfabetización científico-tecnológica. Las iniciativas que se autodenominan STEM son numerosas, hasta tal punto que el término se ha convertido en un mantra para la comunidad internacional del área. Las limitaciones críticas descritas en los párrafos anteriores no han sido obstáculo alguno para que la comunidad de didáctica de las ciencias, principalmente, acuñe el acrónimo STEM de forma insistente; aunque, a nuestro modo de ver, de manera superficial y acrítica. A pesar de que no existe consenso sobre *qué es STEM*, se está promoviendo una reforma de la educación científico-tecnológica basada en este movimiento con un fervor casi mesiánico, siendo cada vez más difícil encontrar trabajos que no promuevan la educación STEM, o que resistan la tentación de incluir este término en sus títulos. En los posteriores subapartados, evidenciamos y reflexionamos sobre algunos ejemplos de un uso injustificado del término STEM.

Conferencias y proyectos STEM

STEM se está convirtiendo en uno de los temas principales de las conferencias internacionales en educación científico-tecnológica. Por ejemplo, la conferencia internacional ASTE 2019 tuvo una *strand* (línea o bloque) propio para las propuestas STEM. Asimismo, la conferencia ESERA 2019⁵ mostró hasta 12 *strands* destinados a STEM, que abordaban una cantidad dispar de temáticas bajo este acrónimo, como: interés y motivación en STEM, currículo, enseñanza y experiencias STEM, o la naturaleza de STEM, entre otras.

El contexto español no es ajeno a esta *STEMificación* en las reuniones y encuentros sobre didáctica de las ciencias. Por ejemplo, el *Congreso de Docentes de Ciencias*, celebrado en 2012, 2014 y 2016, pasó a denominarse, en 2018, *Congreso Internacional de Docentes del ámbito STEM*. Asimismo, se encuentran proyectos y cursos de formación bajo eslóganes del tipo «STEMengancha», «STEAM4you», «STEM4MATH», «STEM Alliance», «EUROSTEAM» o «BOTSTEM».

El problema reside en que la gran mayoría de los trabajos presentados en estos congresos, cursos y proyectos, bajo el paraguas de STEM, abordan principalmente la enseñanza de las ciencias. Con lo cual, la integración entre las cuatro disciplinas del acrónimo es bastante limitada, en el mejor de los casos, o directamente inexistente. Asimismo, los trabajos que abogan por la integración de estas se centran, sobre todo, en el uso de prácticas de ingeniería, o actividades de indagación, esencialmente para reforzar la comprensión de ideas científicas; por tanto, no presentan novedad alguna con respecto a lo que se viene haciendo desde hace tiempo en el área de didáctica de las ciencias. Por ejemplo, el curso de verano «Aprendizaje activo y significativo en clases STEM», organizado por el Ministerio de Educación de España, bajo el eslogan «STEMengancha»,⁶ ha estado formando a futuro profesorado en STEM con actividades que, hasta hace poco, eran actividades para aprender ciencias.⁷ Nos preguntamos, entonces, ¿por qué lo llaman STEM cuando solo es ciencias? Resulta inevitable pensar en la intencionalidad propagandista de la institución que promueve el curso con la mención explícita de STEM en el título de este.⁸

Revistas especializadas en STEM

Esta tendencia de usar la palabra STEM con fines promocionales también está presente en las revistas profesionales del área, siendo varias las revistas fundadas en los últimos años que la incluyen en su título; por ejemplo, *International Journal of STEM Education*, *Journal for STEM Education Research*, *European Journal of STEM Education*, o *Journal of Research in STEM Education*. Otras revistas han modificado su título para incluir el término STEM; por ejemplo, *Journal of Industrial Teacher Education* que, tras 16 años en activo bajo este nombre (1994-2010), fue rebautizada en 2010 como *Journal of STEM Teacher Education*.

Si bien esta práctica podría reflejar una diversificación de las revistas para cubrir la demanda en torno a la educación STEM, son numerosas las dudas que surgen tras consultar su enfoque y alcance. La primera es que se suele considerar STEM como un término que se refiere a cada una de las cuatro disciplinas, englobando una gran cantidad de aspectos diferentes. Así, mientras que *Journal of STEM Teacher Education* y *Journal of Research in STEM Education* tienen un enfoque multidisciplinar, que

5. Programa completo obtenido de <https://www.esera2019.org/>

6. El curso se pueden consultar en <https://intef.es/Noticias/curso-de-verano-aprendizaje-activo-y-significativo-en-clases-stem/>

7. Algunas de las actividades realizadas pueden consultarse en <https://twitter.com/hashtag/stemengancha>

8. Incluso empresas multinacionales como LEGO, Fichertechnik, Clementoni o Science4you, han empezado a comercializar sus tradicionales productos para la educación científica-tecnológica con la etiqueta STEM/STEAM.

abarca todo lo relacionado con las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, las revistas *Journal for STEM Education Research* e *International Journal of STEM Education* se refieren a STEM como un área propia y distinta a estas disciplinas. Esto plasma, una vez más, el problema de conceptualización inherente a STEM.

European Journal of STEM Education reconoce la ambigüedad de STEM y señala que se presta a diferentes interpretaciones: «La educación STEM puede ser un “concepto borroso”, y los fundamentos educativos de la educación STEM pueden ser muy diferentes en los distintos países y en los distintos círculos académicos».⁹

Asimismo, si estas revistas se centran en la investigación educativa en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, sin un enfoque integrado, ¿son las revistas especializadas en STEM realmente necesarias, si ya existen revistas educativas propias de cada una de esas disciplinas? De hecho, un estudio reciente sobre los 142 artículos publicados en la revista *International Journal of STEM Education*, desde 2014 hasta 2018, revela que, de las siete categorías temáticas creadas, ninguna hace referencia explícita a STEM integrado (Li, Froyd y Wang, 2019).

Artículos y libros STEM

Los artículos que mencionan STEM o STEAM en sus títulos han aumentado drásticamente en los últimos años, pese a no abordar las cuatro disciplinas o plantear un enfoque integrado. Sin pretender hacer una revisión sistemática, porque ya existen en la bibliografía internacional reciente (*e. g.*, Thibaut et al., 2018; Martín-Paez et al., 2019), citaremos solo varios ejemplos no incluidos en estas.

Gardner et al. (2019) proponen un programa de formación docente con énfasis en la integración STEM; sin embargo, el objetivo de este se reduce a aprender a «[...] enseñar conceptos matemáticos integrados con uno o más conceptos de al menos otra disciplina STEM» (p. 4, traducción propia). Milner-Bolotin (2018) plantea un modelo para reducir la brecha entre investigación en STEM y práctica educativa, pero el modelo solo fue empleado en la enseñanza de la física. Esto también sucede en artículos que presentan la validación de instrumentos de actitudes o motivaciones hacia STEM. Así, Guzey, Harwell y Moore (2014) agrupan en una misma categoría ítems de ciencias e ingeniería, como si conformaran una sola área de conocimiento; además, no incluyen ítems sobre la integración de las disciplinas (o el aprendizaje de estas a través de enfoques integrados).

Si bien en el contexto español la investigación sobre STEM es aún escasa en comparación con otros países, ya se encuentran artículos titulados como STEM, pese a abordar una sola disciplina. Por ejemplo, Guitart y Lope (2019) proponen un interesante proyecto educativo relacionado con la radiación solar, que se enmarca como STEM. Sin embargo, no explican qué marco STEM asumen, ni lo que caracteriza a este proyecto para que sea considerado STEM y no una propuesta para la enseñanza de las ciencias. Otro ejemplo de ello es el reciente libro de Couso y Grimalt-Álvaro (2019), enmarcado dentro del enfoque STEM, aun cuando presenta diferentes estudios y experiencias educativas que abordan solamente la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas.

A MODO DE CONCLUSIÓN

¿Llamarlo STEM cambia la acción pedagógica del profesorado relativa a las disciplinas curriculares implicadas en el acrónimo? Nuestra respuesta es no, a la vista de todo lo comentado. Es más, nos parece incluso didáctica y éticamente inapropiado denominar STEM a proyectos e iniciativas educativas

9. Traducción propia de la sección «Alcance y objetivos» de la revista, disponible en <http://www.lectitopublishing.nl/european-journal-of-stem-education/aims-and-scope>

que abordan una materia de forma aislada; es decir, sin establecer conexiones curriculares explícitas y adecuadas (no anecdóticas) entre las distintas materias. En estos casos, dado que cada una de ellas ya tiene nombre propio, carece de fundamento agruparlas bajo un acrónimo. Además de aportar ambigüedad dentro de la comunidad de educadores de las disciplinas recogidas en el acrónimo STEM, este supuesto enfoque no se sostiene en un cuerpo teórico y empírico que apoye su pertinencia y eficacia didáctica. No encontramos un marco de conceptualización nítido y con la robustez suficiente para hacer de STEM un enfoque didáctico concebible y, sobre todo, factible educacionalmente. Tampoco conocemos propuestas fundamentadas y sólidas de CDC, orientadas a la formación del profesorado en un enfoque STEM auténtico. Sin estos elementos es difícil asumir que existe realmente un enfoque educativo STEM.

Lo que percibimos de STEM, en realidad, es que se trata de un término de moda huero, o un neologismo, acuñado principalmente en la enseñanza de las ciencias para hacer propaganda de iniciativas didácticas que no difieren apenas de las promovidas en las últimas décadas; o de otra forma, que han sido rebautizadas como STEM. Asimismo, en multitud de ocasiones, STEM es solo un eslogan para atraer la atención de la comunidad educativa, obtener financiación económica o promocionar libros, materiales educativos, cursos y congresos.

Como otros movimientos educativos, STEM procede del ámbito político y educativo de los Estados Unidos, aunque en los últimos años se promueva también en la Unión Europea. Nos preguntamos, entonces, si debemos asumir las demandas o propuestas de países o contextos diferentes de una manera pasiva, acrítica e irreflexiva. Consideramos que es necesaria una reflexión pausada y profunda sobre las implicaciones de un planteamiento tan pretencioso como el que se insinúa para un STEM integrado, teniendo en cuenta la cultura y características del contexto educativo español. De lo contrario, creemos que el movimiento educativo STEM seguirá resultando fútil. Pero más preocupante, si cabe, es que este uso propagandístico del acrónimo STEM probablemente está sirviendo de cortina de humo para perpetuar el *statu quo* de la mejorable educación científico-tecnológica en el país, y de la correspondiente formación del profesorado.

Reconocemos que el movimiento STEM ha puesto sobre la mesa la necesidad de una educación científico-tecnológica menos encasillada, que establezca relaciones entre los contenidos y procedimientos de diferentes materias curriculares, a fin de dotarlos de utilidad y relevancia para el alumnado. Sin embargo, tenemos la impresión de que las prisas por sumarse a este movimiento, y la falta de visión crítica, han desembocado en que STEM no sea más que un mero posicionamiento ideológico para hacer referencia a una educación científico-tecnológica supuestamente adaptada a los nuevos tiempos.

Por tanto, para promover una educación STEM auténtica habría, en primer lugar, que articular aquellos fundamentos teóricos y pedagógicos que la hagan factible. En segundo lugar, habría que emprender investigaciones didácticas que arrojen pruebas y conclusiones de su implementación en las aulas, con vistas a determinar fortalezas, debilidades y aspectos a mejorar. En toda esta tarea investigativa, puede ser sugerente intentar responder a preguntas como: si STEM es la demanda de una educación integrada, ¿qué implica realmente integrar en este caso? ¿Cómo se ha de hacer, tratando de que esa integración dé un resultado sinérgico? ¿Hasta qué punto los estudiantes de primaria y secundaria poseen suficientes conocimientos y destrezas para que esta integración sea significativa y no meramente anecdótica? ¿En qué medida el profesorado en activo posee un adecuado CDC para llevar a cabo la integración que demanda el enfoque STEM? ¿En qué medida y de qué manera se está abordando la integración curricular en los planes de formación de futuros docentes? ¿Cómo se puede formar efectivamente al profesorado para un enfoque STEM?; entre muchas otras preguntas.

En definitiva, son muchos los aspectos relativos a STEM que, en nuestra opinión, requieren de una profunda reflexión y debate. Solo esperamos con nuestra discusión crítico-reflexiva fomentarlos en aras de lo que es realmente importante: mejorar la alfabetización científico-tecnológica de la ciudadanía.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro amigo José Antonio Acevedo-Díaz sus valiosas aportaciones en la discusión inicial que mantuvimos sobre el movimiento STEM, así como sus comentarios durante la elaboración de este artículo.

REFERENCIAS

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). *Benchmarks for science literacy*. Nueva York: Oxford University Press.
- Acevedo-Díaz, J. A. (1994). Los futuros profesores de Enseñanza Secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: Un enfoque CTS. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125.
- Acevedo-Díaz, J. A. (1995). Educación Tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 75-84.
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea o como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.
- Aikin, W. M. (1942). *The story of the Eight-Year study: With conclusions and recommendations*. Nueva York: Harper & Brothers.
- Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A. y Newman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C. y Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education. Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA press.
- Capraro, R. M. y Slough, S. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why Now? An introduction to STEM Project-Based Learning: An integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics approach. En R. M. Capraro y J. R. Morgan (Eds.), *STEM Project-Based Learning an Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach* (pp. 1-5). Rotterdam: Sense.
- Carter, L. (2017). Neoliberalism and STEM education: Some Australian policy discourse. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17, 247-257.
<https://doi.org/10.1080/14926156.2017.1380868>
- Condliffe, B. (2017). *Project-Based Learning: A literature review. Working Paper*. MDRC. Obtenido de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED578933.pdf>
- Couso, D. L. y Grimalt-Álvaro, C. (2019). *STEM is for you: Experiences in raising self-efficacy from the STEAM4U project*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Czerniak, C. M., Weber, W. B., Sandmann, A. y Ahern, J. (1999). A literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.

- Dare, E. A., Ellis, J. A. y Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(4), 1-19.
<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM: componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 21(2), 29-42.
- Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. *Educational Leadership*, 49(2), 61-65.
- García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). ¿Con qué vivencias, potencialidades y predisposiciones inician los futuros docentes de Educación Primaria su formación en la enseñanza de la ciencia? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 440-458.
<https://doi.org/10498/18299>
- Gardner, K., Glassmeyer, D. y Worthy, R. (2019). Impacts of STEM professional development on teachers' knowledge, self-efficacy, and practice. *Frontiers in Education*, 4(26), 1-10.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00026>
- Gardner, M. y Tillotson, J. W. (2019). Interpreting integrated STEM: Sustaining pedagogical innovation within a public middle school context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1283-1300.
<https://doi.org/10.1007/s10763-018-9927-6>
- George, P. S. (1996). The integrated curriculum: A reality check. *Middle School Journal*, 28, 12-19.
- Gil, D. (1994). El currículo de ciencias en la educación secundaria obligatoria: ¿área o disciplinas? ¿Ni lo uno ni lo otro, sino todo lo contrario! *Infancia y Aprendizaje*, 17(65), 19-30.
- Guerra, J. M. (1984). Ciencia integrada en España: Un análisis del curriculum. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 170-174.
- Guitart, F. y Lope, S. (2019). Y tú, ¿te proteges del sol? Un proyecto STEM con mirada científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3202.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3202
- Guzey, S. S., Harwell, M. y Moore, T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114(6), 271-279.
<https://doi.org/10.1111/ssm.12077>
- Haggis, S. y Adey, P. (1979). A review of integrated science education worldwide. *Studies in Science Education*, 6(1), 69-89.
<https://doi.org/10.1080/03057267908559869>
- Hennessy, S., Ruthven, K. y Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: Commitment, constraints, caution, and change. *Journal of Curriculum Studies*, 37(2), 155-192.
<https://doi.org/10.1080/0022027032000276961>
- Honey, M., Pearson, G. y Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kanderakis, N. (2016). The mathematics of high school physics. *Science & Education*, 25(7-8), 837-868.
<https://doi.org/10.1007/s11191-016-9851-5>
- Kelley, T. R. y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11.
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>

- Kim, H. y Chae, D. H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925-1936.
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a>
- Krug, D. y Shaw, A. (2016). Reconceptualizing ST^E(A)M(S) Education for teacher education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(2), 183-200.
- Li, Y., Froyd, J. E. y Wang, K. (2019). Learning about research and readership development in STEM education: A systematic analysis of the journal's publications from 2014 to 2018. *International Journal of STEM Education*, 6(19), 1-8.
<https://doi.org/10.1186/s40594-019-0176-1>
- Marder, M. (2013). A problem with STEM. *CBE-Life Sciences Education*, 12, 148-150.
<https://doi.org/10.1187/cbe.12-12-0209>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822.
<https://doi.org/10.1002/sc.21522>
- Montero, L. y García-Carmona, A. (2018). Políticas, investigación y prácticas en la formación inicial del profesorado de ciencias en España. En A. F. Cachapuz, A. Shigunov Neto y I. Fortunato (Eds.), *Formação inicial e continuada de professores de ciências: o que se pesquisa no Brasil, Portugal e Espanha* (pp. 318-345). São Paulo: Edições Hipótese.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A. y Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. En S. Purzer, J. Strobel y M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press.
- Milner-Bolotin, M. (2018). Evidence-based research in STEM teacher education: From theory to practice. *Frontiers in Education*, 3(92), 1-9.
<https://doi.org/10.3389/educ.2018.00092>
- NGSS Lead States. (2013). *The Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pleasant, J. y Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, 103(1), 145-166.
<https://doi.org/10.1002/sc.21483>
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A. y Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 25(5), 444-467.
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16.
- STEM Task Report (2014). *Innovate: A blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California public education*. California: Carifornians Dedicated to Education Foundation. Obtenido de <https://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/innovate.pdf>
- Stubbs, K. y Yanco, H. (2009) STREAM: A workshop on the use of robotics in K-12 STEM Education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 16(4).
<https://doi.org/10.1109/MRA.2009.934830>
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: Autodesk Foundation. Obtenido de http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf

- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Depaepe, F. et al. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02.
<https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Toma, R. B. y Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary student's attitudes toward Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Toma, R. B., Lederman, N. G., Jiménez, J. P. y Meneses-Villagrà, J. A. (2019). *Exploring students' acceptance of coding activities during integrative STEM lessons*. Comunicación presentada en la conferencia internacional NARST 2019 Annual International Conference. Baltimore, MD.
- Tsai, H. Y., Chung, C. C. y Lou, S. J. (2018). Construction and development of iSTEM learning model. *Eurasia Journal of Mathematics and Technology Education*, 14(1), 15-32.
<https://doi.org/10.12973/ejmste/78019>
- Weinstein, M., Blades, D. y Gleason, S. (2016). Questioning power: Deframing the STEM discourse. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(2), 201-212.
<https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1166294>
- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26.
<https://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z>
- Zhang, H. y He, H. (2012). Student perception of the integrated «Science Education» major in some Chinese universities. *International Journal of Science Education*, 34(13), 1991-2013.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2012.709332>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

«*Of STEM we like everything but STEM*».

A critical analysis of a buzzing educational trend

Radu Bogdan Toma

Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos, España.
rbtoma@ubu.es

Antonio García-Carmona

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla, España.
garcia-carmona@us.es

In recent years, the STEM acronym has gained momentum worldwide and nowadays it is monopolizing much of the research being conducted in science education. The aim of this article is to analyse the existing literature on STEM, reflecting on several critical limitations of this educational movement.

After contextualizing the STEM acronym in its historical context, it is discovered that STEM was originally proposed during the 1990s in the United States of America (USA) as part of a political strategy aimed at increasing the relevance of Science, Technology, Engineering, and Mathematics disciplines in order to improve USA's economic competitiveness by developing a strong workforce in such fields. From an educational standpoint, STEM was found to be conceptualized in the literature as: (i) a political slogan that demands greater administrative and governmental attention to these disciplines; (ii) an acronym to refer to aspects related to science, mathematics, technology and engineering in a more simplistic and operational way; and (iii) as a pedagogical movement or meta-discipline oriented towards the integration of these four disciplines.

After reviewing the origins of the STEM acronym, the extent to which it is a novel and feasible educational approach was addressed. Thus, based on existing literature, STEM strongly resembles other educational movements that already promoted an integrated curriculum for scientific literacy, and therefore, it is argued that the STEM movement lacks any theoretical and pedagogical innovation. As for its viability, the conceptualization of STEM as a curriculum integration approach is totally at odds with the educational system of most developed countries that lacks the necessary educational structure and the curricular organization for the implementation of such approaches. Likewise, the viability of STEM is at stake given the limited elementary, secondary and university teachers' professional development in STEM. Thus, on the one hand, faculty members training the future teachers are not experts in curriculum integration pedagogies, and, on the other hand, the notion of curriculum integration is contrary to the prevailing professional development programs that aim at specialization and not at interdisciplinarity.

Finally, the overuse of the STEM acronym is addressed. Thus, it has been identified that STEM is becoming one of the main topics at international science education conferences, despite the fact that most proposals do not address integrated approaches or interventions that resemble STEM conceptualizations. Likewise, there is a sharp increase in new journals named STEM, despite the fact that the research published in these journals is mostly disciplinary based and does not address interdisciplinarity at all. Finally, it has been identified that articles mentioning STEM in their titles have increased drastically in recent years; however, most of these studies do not address the four STEM disciplines, nor they propose an integrated approach.

For all these reasons, it is concluded that STEM is a buzzword that lacks educational value and that is being coined mainly to advertise under the STEM acronym many educational initiatives or projects that hardly differ from those promoted in recent decades. Therefore, it seems that STEM is nothing more than a slogan aimed at attracting attention of the educational community, obtain economic financing, or promote books, educational materials, courses, and international professional meetings. It is argued that promoting authentic STEM education requires first research that articulates STEM's theoretical and pedagogical foundations, as well as empirical studies that systematically test such an approach before promoting it as an effective and viable educational strategy for science education.